

2. Теплый асфальтобетон в дорожном строительстве [Электронный ресурс] // Основные средства. URL: [https:// www.osl.ru/article/7567-tepliy-asfaltobeton-v-dorojnom-stroitelstve](https://www.osl.ru/article/7567-tepliy-asfaltobeton-v-dorojnom-stroitelstve).

3. Неволин Д.Г., Дмитриев В.Н., Кошкарлов Е.В. и др. Инновационные технологии проектирования и строительства автомобильных дорог: монография / Под ред. Д.Г. Невוליной, В.Н. Дмитриева. Екатеринбург: УрГУПС, 2015. 291 с.

УДК 624.138

Маг. Ю.В. Смирнова
Рук. С.И. Булдаков
УГЛТУ, Екатеринбург

ПРИМЕНЕНИЕ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ В ОСНОВАНИЯХ ДОРОЖНЫХ ОДЕЖД АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Применение укрепленных грунтов в основаниях дорожных одежд является одним из способов снижения стоимости дорожного строительства, экономии ресурсов, улучшения транспортно-эксплуатационного состояния автомобильных дорог в районах, где отсутствуют каменные материалы. В России построено и эксплуатируется более 30 тыс. км автодорог, в основаниях и покрытиях которых применены укрепленные грунты. В мире площадь конструктивных слоев из укрепленных грунтов на автомобильных дорогах и аэродромах превышает 3 млрд м² [1]. Несмотря на простоту технологии и значительный опыт использования укрепления грунтов в России и за рубежом, в Свердловской области при строительстве автомобильных дорог в основном используется традиционная технология устройства дорожных одежд на щебеночных или гравийных основаниях.

Свердловская область является одним из самых обеспеченных регионов России по запасам и выпуску каменных материалов, на ее территории расположено более 40 горнорудных предприятий и щебеночных карьеров. Однако северо-восточные и восточные районы Свердловской области бедны или практически лишены каменных материалов, единственные местные материалы для дорожного строительства в данных районах – пески и песчано-гравийные материалы. Эти территории имеют низкую плотность автомобильных дорог с твердым покрытием (до 8–10 км на 1000 км² в отдельных районах – Гаринском, Ивдельском), что негативно сказывается на их социально-экономическом развитии. Значительные затраты на перевозку каменных материалов увеличивают стоимость строительства автомобильных дорог. Так, увеличение расстояния доставки щебня до 100 км приводит к росту стоимости устройства основания в среднем на 30 %.

Успешная реализация задачи увеличения темпов строительства автодорог с твердым покрытием до населенных пунктов, не имеющих постоянной круглогодичной связи с дорожной сетью, обозначенной в Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г., определяется возможностью снижения сметной стоимости строительства дорожных одежд за счет рационального использования местных строительных материалов. Повысить эффективность инвестиционных проектов строительства автодорог в северо-восточных и восточных районах Свердловской области позволит широкое применение технологий укрепления грунтов в основаниях дорожных одежд.

Преимущества укрепления грунтов в основаниях дорожных одежд по сравнению с традиционной технологией [2]:

- качественное изменение первоначальных свойств грунтов и преобразование их в монолитный, прочный и морозоустойчивый конструктивный слой дорожной одежды;
- влажность верхней части земляного полотна под основанием и морозозащитным слоем, устроенным из укрепленного грунта, меньше, чем под щебеночным основанием на дренирующем песчаном слое;
- в результате значительного улучшения водно-теплового режима земляного полотна за счет малой водопроницаемости, а также благодаря хорошей распределяющей способности конструктивных слоев из укрепленных грунтов ровность покрытий на таких слоях обычно выше, чем на щебеночных или гравийных основаниях;
- более высокий модуль упругости укрепленных грунтов в сравнении со щебнем позволяет снизить общую толщину дорожной одежды на 20–50 %;
- снижение потребности в каменных материалах на 15–45 % и расходов на перевозку дорожно-строительных материалов – в 1,5–3,0 раза;
- сокращение трудозатрат в 1,5–2,0 раза и удешевление строительства;
- увеличение сроков безремонтной эксплуатации дороги за счет формирования основания, мало подверженного морозному пучению, и постоянного во времени процесса набора прочности конструкции основания и перераспределения нагрузки.

Разработкой составов на основе грунта с неорганическими (цемент, известь, зола уноса и др.) и органическими (битумы, битумные эмульсии, дегти, полимерные смолы и др.) вяжущими занимались многие исследователи, начиная с 1920-х годов [3]. Анализ результатов исследований приведен в таблице.

Составы на основе цемента отличаются высокой жесткостью и трещинообразованием. Цементогрунты имеют повышенную истираемость, что не

позволяет использовать их для устройства дорожных покрытий без защитного слоя износа. Известкованные грунты имеют низкую морозостойкость.

Выбор вяжущего при модификации и стабилизации
в зависимости от классификации грунта

Грунты		Тип вяжущего					
		битум- тум- ная эмуль- сия	це- мент	известь		зо ла	химические вя- жущие (химиче- ские реагенты, ПАВ, полимеры)
				нега- ше- ная	га- ше- ная		
Водона- сыщен- ные	содержание органиче- ских веществ до 4 %	-	-	+	+	+	+
	содержание органиче- ских веществ более 4 %	-	-	+	+	-	+
Глини- стые	супеси	-	+	+	+	+	+
	суглинки	-	+	+	+	+	+
	глины, илистые	-	+	+	+	+	+
Пески	однородные	+	+	+	-	+	+
	неоднородные	+	+	+	-	+	+
Круп- нооб- ломоч- ные	содержание пылевид- ных и глинистых ча- стиц до 20 %	+	+	-	-	-	+
	содержание пылевид- ных и глинистых ча- стиц более 20 %	+	+	+	-	+	+

Грунты, укрепленные органическими вяжущими, обладают упруго-вязкопластичными свойствами и достаточной водо- и морозостойкостью. Однако существенными недостатками являются недостаточная прочность, излишняя пластичность, тиксотропность битумогрунта, а также высокая стоимость органического материала или его синтетического заменителя и агрессивность этих компонентов по отношению к природной среде.

Из методов укрепления грунтов наиболее широко применяется устройство цементогрунтовых оснований с использованием стабилизирующих добавок. Укрепление грунтов портландцементом является эффективным, дешевым и универсальным методом.

Комплексные методы предусматривают совместную обработку грунтов органическими и неорганическими вяжущими, вяжущими и поверхностно-активными веществами, что позволяет придать материалу более высокие показатели прочности, морозостойкости, тепло- и водостойкости, расширить номенклатуру укрепляемых грунтов, обеспечить возможность использования для укрепления малопригодных грунтов. Перспективным направлением исследований является усовершенствование технологий устройства конструктивных слоев дорожных одежд из укрепленных грун-

тов, которые заключаются в применении в основаниях дорог монолитно упруго деформируемых материалов. Для улучшения деформативных свойств цементогрунтовых смесей используют полимерные добавки.

Технико-экономические преимущества оснований дорожных одежд из укрепленных комплексным методом грунтов могут быть реализованы на территории Свердловской области в районах, недостаточно обеспеченных каменными материалами, где распространены глинистые грунты – Гаринском, Сосьвинском, Туринском городских округах.

Библиографический список

1. Фурсов С.Г. Основные направления в области исследований укрепленных грунтов // Научные исследования и разработки: сб. трудов / СоюздорНИИ, 2006.
2. Булдаков С.И. Особенности проектирования автомобильных дорог: учеб. пособие. 2-е изд., перераб. и доп. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехн. ун-т, 2016. 271 с.
3. Практическое применение технологий стабилизации грунтов и регенерации конструктивных слоев дорожной одежды: учеб. пособие. М.: Межрегиональный ЦППК, 2017. 142 с.

УДК 625.08

Студ. Э. М. Хайретдинов
Рук. А.Ю. Шаров
УГЛТУ, Екатеринбург

ОСОБЕННОСТЬ РАЗРАБОТКИ ВЫЕМОК В СКАЛЬНЫХ ГРУНТАХ С УЧЁТОМ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕБОВАНИЙ

Скальный грунт при строительстве автомобильной дороги может использоваться без ограничений для возведения земляного полотна, в том числе на слабых грунтах. Наиболее экономически целесообразно использовать для возведения земляного полотна скальный грунт, получаемый при разработке выемок с использованием буровзрывных работ. Буровзрывные работы (БВР) проводят на скальных участках автомобильных дорог для разработки выемок и нагорных канав, а также при рыхлении сезонно- и вечномёрзлых грунтов.

Проведение буровзрывных работ оказывает комплексное негативное воздействие на состояние окружающей среды. При массовых взрывах образуются мощные пылегазовые облака, содержащие значительное количество пылевых частиц различных размеров, а также загрязняющие газооб-